

## Rapport d'étude

# **Evaluation de la sensibilité au malathion, à la deltaméthrine et à l'association deltaméthrine / piperonyl-butoxide (PBO) des populations d'*Aedes aegypti* de Guyane**

**Nicolas POCQUET<sup>1</sup>, Isabelle DUSFOUR<sup>2</sup>, Pascal GABORIT<sup>2</sup>, Jean ISSALY<sup>2</sup>,  
Romuald CARINCI<sup>2</sup>, Amandine GUIDEZ<sup>2</sup> & Romain GIROD<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Centre National d'Expertise sur les Vecteurs

<sup>2</sup> Unité d'entomologie médicale, Institut Pasteur de la Guyane

**Rapport d'étude :**

**Evaluation de la sensibilité au malathion, à la deltaméthrine et à l'association deltaméthrine / piperonyl-butoxide (PBO) des populations d'*Aedes aegypti* de Guyane**

NOM, Prénom	Signature

## 1 – Contexte et objectifs

Le virus Chikungunya, introduit en fin d'année 2013 dans les Antilles françaises, circule depuis février 2014 en Guyane. Le nombre de cas est en constante augmentation, avec à ce jour plus de 176 cas probables et confirmés répertoriés, dont 70% de cas autochtones (CireAG 2014). En Guyane, à ce jour, le seul vecteur reconnu du virus est *Aedes aegypti*. Cette espèce, également impliquée dans la transmission du virus de la dengue sur le territoire, fait l'objet depuis de nombreuses années d'une lutte antivectorielle reposant en grande partie sur des pulvérisations spatiales de formulations insecticides à base de deltaméthrine (pyréthrianoïde de synthèse). Les travaux menés ces dernières années par l'Unité d'entomologie médicale de l'Institut Pasteur de la Guyane font état d'une forte résistance des populations d'*Ae. aegypti* de Guyane à la deltaméthrine, compromettant ainsi l'efficacité des opérations de pulvérisation menées à l'aide de cette molécule (Dusfour et Girod 2011a, Girod et Dusfour 2012, Dusfour et Girod 2014).

Les seuls insecticides actuellement autorisés dans la communauté européenne pour une utilisation en pulvérisation spatiale appartiennent exclusivement aux familles des pyréthrianoïdes de synthèse ou des pyréthrines naturelles (Directive 98/8/CE). Dans ce contexte, une demande de dérogation pour l'utilisation à titre exceptionnel du malathion (famille des organophosphorés) a été formulée par le Préfet de la Région Guyane. Cet insecticide a été utilisé pendant de nombreuses années en Guyane en pulvérisations spatiales contre *Ae. aegypti*, les traitements ayant été suspendus en 2009. Il apparaît donc nécessaire de vérifier les niveaux de sensibilité à cette molécule, l'existence d'une résistance étant de nature à compromettre son efficacité en conditions opérationnelles. Par ailleurs, l'utilisation d'un synergiste tel que le piperonyl-butoxide (PBO), inhibiteur de certaines oxydases (Perry et Buckner 1970), peut permettre, dans le cas où les mécanismes de résistance *ad hoc* sont présents dans les populations ciblées, de restaurer une partie de l'efficacité de la deltaméthrine. L'intérêt d'une association deltaméthrine / PBO doit donc être vérifié sur les populations locales de ce vecteur.

Au vu du risque élevé d'épidémie de chikungunya en Guyane, et sur demande de la Direction Générale de la Santé, l'Agence Régionale de Santé de Guyane a donc sollicité l'Institut Pasteur de Guyane pour, d'une part, évaluer les niveaux actuels de résistance de plusieurs populations d'*Ae. aegypti* de Guyane au malathion et à la deltaméthrine et, d'autre part, tester l'efficacité d'une association deltaméthrine / PBO sur ces mêmes populations. Les travaux ont été réalisés avec l'appui soutenu du Centre National d'Expertise sur les Vecteurs.

## 2 – Protocole de l'étude

### 2.1 – Populations et souche de moustiques étudiées

Quatre populations d'*Ae. aegypti* ont été échantillonnées à Cayenne (CAY), Kourou (KOU), Saint Georges de l'Oyapock (SGO) et Matoury (MAT). Les moustiques ont été récoltés au stade larvaire et élevés jusqu'au stade adulte à l'insectarium. Les femelles de chaque population échantillonnée (génération F0) ont par la suite été gorgées sur souris et leurs pontes ont été récoltées sur papiers filtres. L'ensemble des tests a été réalisé sur des femelles adultes obtenues à partir de ces pontes à l'insectarium (génération F1). Une souche d'*Ae. aegypti* sensible aux insecticides (PAEA) a été utilisée comme souche de référence.

### 2.2 – Tests en tubes OMS

Les tests en tubes OMS permettent de détecter une résistance à un insecticide au sein d'une population de moustiques. Ils consistent à exposer des lots de femelles à des papiers imprégnés d'une solution d'insecticide à une dose diagnostique. Cette dose correspond au double de la dose minimale entraînant 100% de mortalité chez une souche de la même espèce sensible aux insecticides (WHO 2013). Les doses d'imprégnation utilisées dans cette étude sont présentées dans le tableau 1.

**Tableau 1 : insecticides et doses d'imprégnation utilisées**

Matière active	Dose	Solution d'imprégnation	Référence
Malathion	0,8% <sup>a</sup>	acétone + huile d'olive	WHOPES 2012
	5% <sup>b</sup>	acétone + huile d'olive	WHOPES 2012
Deltaméthrine	0,06%	acétone + silicone	Jirakanjanakit et al. 2007
Deltaméthrine + PBO	0,06% + 0,3%	acétone + silicone	-
PBO / Deltaméthrine	0,3% / 0,06% <sup>c</sup>	acétone + silicone	-

<sup>a</sup> dose diagnostique OMS pour *Ae. aegypti*

<sup>b</sup> dose diagnostique OMS pour *Anopheles sp.* et *Culex quinquefasciatus*.

<sup>c</sup> pré-exposition au PBO une heure avant l'exposition à la deltaméthrine

La dose diagnostique préconisée par l'OMS pour détecter une résistance au malathion chez *Ae. aegypti* est de 0,8% (WHOPES 2012). La dose diagnostique de 5%, recommandée pour détecter une résistance à ce même insecticide chez les anophèles et chez *Culex quinquefasciatus*, a également été testée (WHOPES 2012). Les solutions utilisées pour les imprégnations au malathion ont été réalisées dans un mélange acétone et huile d'olive, comme préconisé par l'OMS (WHO 1998). Il n'existe pas de dose diagnostique recommandée par l'OMS pour évaluer la résistance à la deltaméthrine chez *Ae. aegypti*. La dose testée pour cet insecticide a donc été la dose de 0,06% décrite dans la littérature (Jirakanjanakit et al. 2007). Pour

les papiers imprégnés de deltaméthrine et de PBO, la dose de PBO utilisée a été de 0,3%. Cette dose a été choisie car elle correspond au rapport PBO/pyréthrine classiquement rencontré dans les produits formulés. Des tests à la deltaméthrine ont également été réalisés après pré-exposition des femelles au PBO. Des papiers ont donc été imprégnés avec du PBO seul à la dose de 0,3%. Les solutions de deltaméthrine et/ou de PBO ont été réalisées dans un mélange d'acétone et de silicone (WHO 1998). Des papiers témoins ont été imprégnés d'un mélange d'acétone et huile d'olive (témoins pour les tests au malathion) ou d'acétone et silicone (témoins pour les tests à la deltaméthrine).

Les tests en tubes ont été réalisés d'après le protocole décrit par l'OMS (WHO 2006). Pour chaque souche ou population testée et pour chaque insecticide, des femelles âgées de deux à cinq jours ont été placées dans huit tubes d'observation. Les moustiques ont ensuite été transférés dans quatre tubes contenant des papiers témoins et dans quatre tubes contenant des papiers imprégnés d'une solution insecticide. Dans le cas des tests réalisés avec pré-exposition au PBO, les moustiques ont été exposés une heure à des papiers imprégnés de PBO seul, avant d'être transférés dans des tubes contenant des papiers imprégnés de deltaméthrine. Dans la mesure du possible, deux répliques ont été réalisées par condition (environ 100 moustiques testés par réplique).

Pour les tests réalisés à la deltaméthrine, avec ou sans PBO, le nombre de moustiques « Knock-Down » (KD), c'est-à-dire n'étant plus en capacité de voler ou de se déplacer, a été relevé toutes les trois minutes. Après une heure d'exposition, les moustiques ont été transférés dans les tubes d'observation et maintenus à 27°C et 80% d'humidité. La lecture de la mortalité a été réalisée après une période d'observation de 24 heures.

### **2.3 – Analyse des résultats**

Les données des tests en tubes ont été analysées à l'aide du logiciel R (R Core Team 2013). Les intervalles de confiance à 95% des pourcentages de mortalité ont été calculés d'après la méthode de Wald. Les comparaisons des pourcentages de mortalité entre les populations de terrain et la souche sensible PAEA ont été réalisées par des tests de Fisher. En cas de tests multiples, une correction de Bonferroni séquentielle a été appliquée (Holm 1979).

L'analyse des temps de KD a été réalisée sous R à l'aide du script BioRssay (Milesi et al. 2013, R Core Team 2013). Ce script permet de déterminer le temps d'exposition nécessaire pour que 50% de la population testée soit Knock-Down (temps de  $KD_{50}$ , ou  $KDT_{50}$ ) et de calculer le ratio de résistance 50 ( $RR_{50}$ ) en faisant le rapport des  $KDT_{50}$  de chaque population de terrain sur le  $KDT_{50}$  de la souche sensible de référence. Ce script permet également de calculer les ratios de synergie ( $RS_{50}$ ) en faisant le rapport du  $KDT_{50}$  déterminé en absence de synergiste sur le  $KDT_{50}$  déterminé en présence de PBO.

### 3 – Résultats

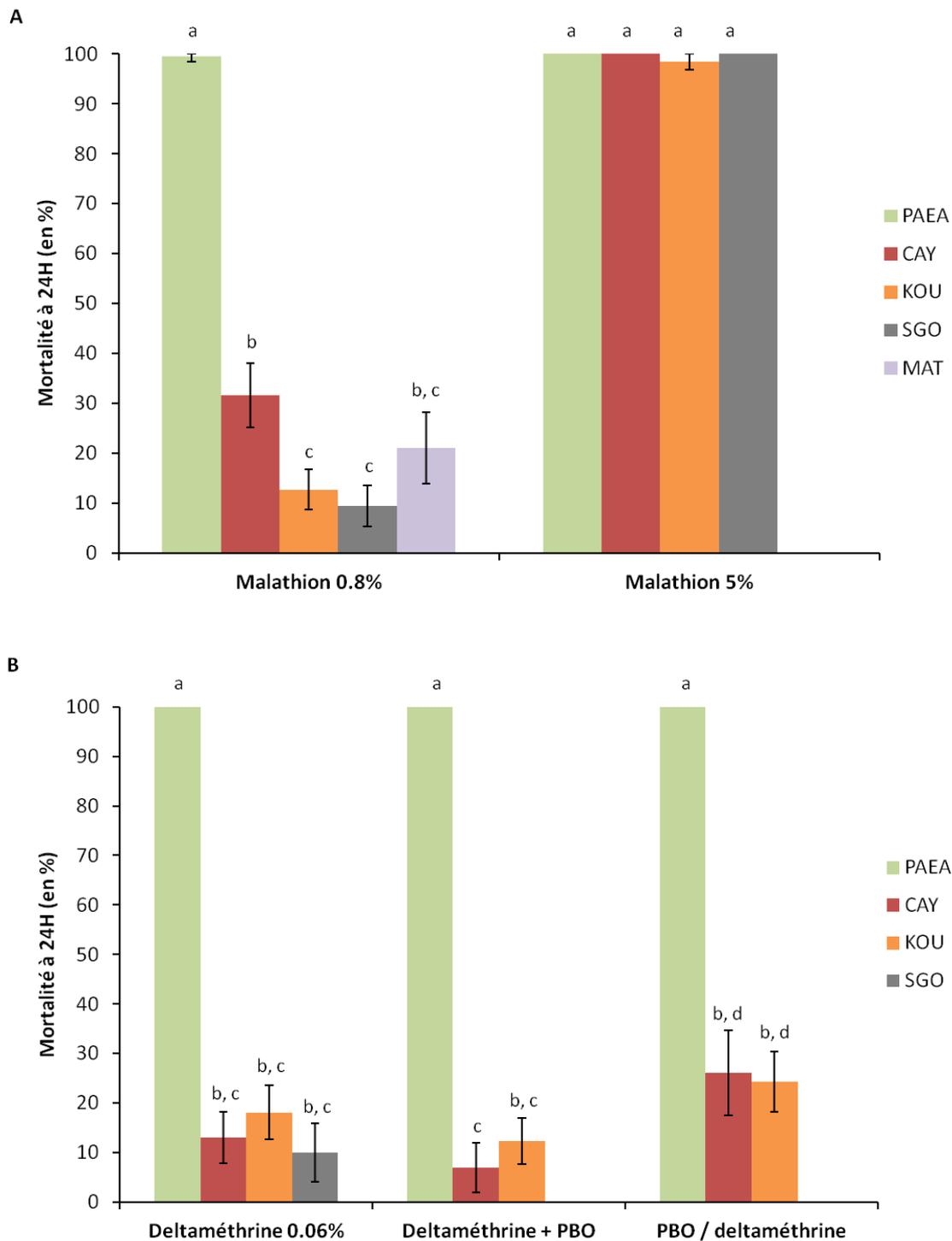
Les pourcentages de mortalité après une heure d'exposition au malathion aux doses de 0,8 et 5% sont présentés dans la figure 1A (voir également l'annexe 1). A la dose diagnostique de 0,8%, l'ensemble des populations testées a présenté une mortalité significativement inférieure à celle observée pour la souche de référence sensible PAEA, ce qui indique qu'une résistance au malathion est largement répandue chez *Ae. aegypti* en Guyane. Par contre, à la dose de 5%, la mortalité des populations de terrain a été beaucoup plus importante, avec près de 100% de mortalité pour les trois populations testées.

Les résultats des tests réalisés à la deltaméthrine sont présentés dans la figure 1B (voir également l'annexe 1). Toutes les populations testées ont présenté des pourcentages de mortalité 24 heures après exposition largement inférieurs à ceux observés pour la souche PAEA, ce qui confirme l'existence d'une forte résistance d'*Ae. aegypti* à cet insecticide en Guyane. Les temps de  $KD_{50}$  ont eux aussi été supérieurs pour les populations de terrain par rapport à celui observé pour la souche PAEA (Tableau 2 et Annexe 2 ;  $RR_{50}$  compris entre 6,6 et 18), indiquant l'existence de mécanismes de résistance par modification du canal sodium (*i.e.* résistance par modification de cible).

L'exposition à des papiers imprégnés d'un mélange de deltaméthrine et de PBO n'a pas permis d'augmenter significativement le pourcentage de mortalité à 24 heures sur les populations de Cayenne et de Kourou testées (Figure 1B). La pré-exposition des individus au PBO une heure avant l'exposition à la deltaméthrine a par contre entraîné une légère augmentation de la mortalité, sans pour autant que celle-ci soit significative pour la population de Kourou (Figure 1B).

Un faible effet de synergie du PBO a bien été observé sur le temps de  $KD_{50}$  pour les tests réalisés à la deltaméthrine avec pré-exposition au PBO sur la population de Cayenne (Tableau 2 ;  $RS_{50} = 2$ ). Cet effet n'est toutefois pas significativement différent de celui observé pour la souche sensible PAEA. Les niveaux de résistance à l'effet KD de la deltaméthrine restent d'ailleurs importants, même après pré-exposition au PBO ( $RR_{50}$  respectivement de 5,7 et 9,1 pour les populations de Kourou et Cayenne ; Tableau 2 et Annexe 3).

**Figure 1: Mortalité 24 heures après exposition au malathion (0,8% et 5%), à la deltaméthrine, au mélange deltaméthrine et PBO, et après exposition séquentielle au PBO puis à la deltaméthrine.** Les pourcentages de mortalité des femelles d'*Ae. aegypti* sont présentés pour la souche PAEA et pour quatre populations de terrain (CAY, KOU, SGO, MAT). Les barres d'erreurs représentent les intervalles de confiance à 95%. Pour un même graphique, les proportions présentant une même lettre ne sont pas significativement différentes (tests de Fisher ;  $p$  corrigées  $\geq 0,05$ ).



**Tableau 2 : effet KD de la deltaméthrine sur *Ae. aegypti*, avec ou sans PBO**

souche	traitement	N	pente	linéarité	KDT <sub>50</sub> (IC <sub>95</sub> )	RR <sub>50</sub> (IC <sub>95</sub> )	RS <sub>50</sub> (IC <sub>95</sub> )
PAEA	Deltaméthrine 0,06%	199	7,87	p = 0,28	7,8 (7,4 - 8,2)	-	-
	Deltaméthrine + PBO	103	7,66	p = 0,99	7,7 (7,1 - 8,3)	-	1,0 (0,6 - 1,8)
	PBO / deltaméthrine	95	8,93	p = 1	6,1 (5,5 - 6,6)	-	1,3 (0,5 - 3,4)
CAY	Deltaméthrine 0,06%	162	2,92	<b>p &lt; 10<sup>-2</sup></b>	140 (104 - 246)	<b>18,0 (10,9 - 29,5)</b>	-
	Deltaméthrine + PBO	100	3,87	p = 1	102 (86 - 133)	<b>13,1 (7,9 - 21,6)</b>	1,4 (0,8 - 2,4)
	PBO / deltaméthrine	100	3,1	<b>p = 0,01</b>	71 (64 - 82)	<b>9,1 (6,4 - 13,0)</b>	<b>2,0 (1,3 - 3,0)</b>
KOU	Deltaméthrine 0,06%	193	3,36	<b>p = 0,02</b>	51 (48 - 55)	<b>6,6 (4,7 - 9,1)</b>	-
	Deltaméthrine + PBO	187	3,01	<b>p &lt; 10<sup>-2</sup></b>	60 (55 - 67)	<b>7,7 (5,5 - 10,7)</b>	0,9 (0,8 - 1,0)
	PBO / deltaméthrine	189	2,52	<b>p &lt; 10<sup>-2</sup></b>	45 (41 - 49)	<b>5,7 (4,2 - 7,9)</b>	1,1 (1,0 - 1,3)
SGO	Deltaméthrine 0,06%	100	4,16	p = 1	94 (81 - 117)	<b>12,1 (7,5 - 19,5)</b>	-

N : nombre de femelles de 2 à 5 jours testées

p : probabilité de rejet de la linéarité (en gras si significatif)

KDT<sub>50</sub> : temps nécessaire pour obtenir 50% de moustiques KD (en minutes)

RR<sub>50</sub> : rapport du KDT<sub>50</sub> de la population testée sur le KDT<sub>50</sub> de la souche PAEA exposée à la deltaméthrine seule  
RS<sub>50</sub> : rapport du KDT<sub>50</sub> sans PBO sur le KDT<sub>50</sub> avec PBO (RR et RS en gras si significativement supérieur à 1)

IC<sub>95</sub> : intervalle de confiance à 95%

## 4 – Conclusion - recommandations

Les travaux présentés dans ce rapport avaient pour but premier d'évaluer les niveaux de résistance des populations d'*Ae. aegypti* de Guyane à la deltaméthrine, insecticide couramment utilisé sur le territoire, et au malathion, insecticide pour lequel une demande d'utilisation dérogatoire est actuellement étudiée. En complément, des tests ont été réalisés pour évaluer l'intérêt du PBO utilisé en association avec la deltaméthrine.

La majorité des tests ont été réalisés sur des populations de Kourou et de Cayenne. Les faibles effectifs disponibles pour les populations issues de Saint Georges de l'Oyapock et de Matoury n'ont pas permis de tester l'ensemble des insecticides et seuls des tests au malathion et un test à la deltaméthrine ont été réalisés avec ces deux populations.

Les populations d'*Ae. aegypti* de Guyane testées ont toutes présenté de très forts niveaux de résistance à la deltaméthrine. Ces résultats confirment ceux obtenus au cours des années précédentes. Les niveaux de résistance observés impactent manifestement l'efficacité des traitements réalisés à l'aide de cette molécule. De plus, l'utilisation de deltaméthrine en pulvérisation spatiale sur des populations aussi résistantes ne peut que sélectionner des moustiques de plus en plus résistants à cet

insecticide. Aussi convient-il d'utiliser la deltaméthrine uniquement dans le cadre restreint des interventions autour des cas confirmés et dans les foyers épidémiques et seulement si l'efficacité des pulvérisations réalisées est démontrée en conditions opérationnelles. A ce titre, il est rappelé que des travaux antérieurs ont montré que si les brumisations d'Aqua K'Othrine®, à la dose appliquée en routine dans les habitations par les services de démoustication, présentaient une efficacité satisfaisante sur *Ae. aegypti*, les pulvérisations d'Aqua K'Othrine®, appliquée à l'extérieur des habitations, même à une dose deux fois plus importante que celle appliquée en routine, présentaient une efficacité très limitée (Dusfour & Girod, 2011b). Il paraît par ailleurs nécessaire de réserver l'emploi de la deltaméthrine au cadre strict de la lutte antivectorielle (abandon de son usage pour les actions de lutte contre les moustiques nuisants).

Au vu des résultats obtenus, l'utilisation d'un mélange de deltaméthrine et de PBO ne semble pas constituer une solution intéressante pour restaurer l'efficacité de la deltaméthrine. En effet, le mélange de ce synergiste avec la deltaméthrine n'a permis de mettre en évidence aucune amélioration de la mortalité des moustiques testés. Seule une pré-exposition au PBO avant l'exposition à la deltaméthrine a présenté un léger effet positif sur l'efficacité de la deltaméthrine. Le faible gain d'efficacité relevé ne justifie toutefois pas la mise en place de pulvérisation séquentielle de PBO et de deltaméthrine.

Dans le cas du malathion, les résultats des tests réalisés à la dose de 0,8% montrent qu'il existe une résistance à cet insecticide dans toutes les populations d'*Ae. aegypti* étudiées. A la dose de 5%, ces mêmes populations ont toutefois présenté une mortalité de 100%. Utilisé à une dose opérationnelle, il est donc possible que le malathion présente une certaine efficacité contre les populations d'*Ae. aegypti* de Guyane. Il est cependant important d'insister sur deux points :

- d'une part, l'usage du malathion sur des populations présentant déjà une résistance risque de conduire à une sélection rapide du ou des mécanismes de résistance en présence. Aussi, dans le cas où le malathion serait amené à être utilisé en Guyane, son usage ne devra être préconisé que sur la durée la plus courte jugée nécessaire au regard de la situation épidémiologique ;

- d'autre part, les populations d'*Ae. aegypti* de Guyane étant déjà résistantes à cet insecticide, les pulvérisations spatiales de malathion risquent de n'avoir qu'un impact limité sur le terrain. Aussi, dans le cas où le malathion serait amené à être utilisé en Guyane, il sera indispensable de vérifier l'efficacité réelle des formulations retenues et de leurs méthodes d'application en conditions opérationnelles.

Enfin, il est important de rappeler qu'une lutte efficace contre *Ae. aegypti* doit, dans le contexte de la Guyane, avant tout cibler les stades larvaires, en privilégiant la destruction physique des gîtes et, lorsque cela n'est pas possible, l'utilisation de larvicides tel que le *Bti*, pour lequel il n'existe pas de résistance en Guyane.

## Références bibliographiques

- CireAG. 2014. Le chikungunya dans les Antilles-Guyane. Rapport N°19.
- Directive 98/8/CE du parlement européen et du conseil du 16 février 1998 concernant la mise sur le marché des produits biocides. Journal Officiel Communautés Européennes.
- Dusfour, I. et R. Girod. 2011a. Suivi de la résistance à la deltaméthrine dans les populations d'*Aedes aegypti* en Guyane. Années 2009-2011. Rapport 007/IPG/UEM/2011, Institut Pasteur de la Guyane, Cayenne, Guyane.
- Dusfour, I. et R. Girod. 2011b. Evaluation de l'efficacité de l'Aqua K'Othrine® dans la lutte imagicide contre *Aedes aegypti*, vecteur de la dengue en Guyane. Rapport 005/IPG/UEM/2011, Institut Pasteur de la Guyane, Cayenne, Guyane.
- Dusfour, I. et R. Girod. 2014. Suivi de la résistance à la deltaméthrine et au *Bti* dans les populations d'*Aedes aegypti* en Guyane, année 2013. Rapport 01/IPG/UEM/2014, Institut Pasteur de la Guyane, Cayenne, Guyane.
- Girod, R. et I. Dusfour. 2012. Suivi de la résistance à la deltaméthrine et de l'efficacité du *Bti* dans les populations d'*Aedes aegypti* en Guyane. Année 2012. Rapport 004/IPG/UEM/2012, Institut Pasteur de la Guyane, Cayenne, Guyane.
- Holm, S. 1979. A simple sequentially rejective multiple test procedure. Scandinavian Journal of Statistics 6: 65-70.
- Jirakanjanakit, N., P. Rongnoparut, S. Saengtharatip, T. Chareonviriyaphap, S. Duchon, C. Bellec, et S. Yoksan. 2007. Insecticide susceptible/resistance status in *Aedes (Stegomyia) aegypti* and *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Diptera: Culicidae) in Thailand during 2003-2005. Journal of Economic Entomology 100: 545-550.
- Milesi, P., N. Pocquet, et P. Labbé. 2013. BioRssay: a R script for bioassay analyses. <http://www.isem.univ-montp2.fr/recherche/equipes/genomique-de-ladaptation/personnel/labbe-pierrick/>.
- Perry, A. S. et A. J. Buckner. 1970. Studies on microsomal cytochrome P-450 in resistant and susceptible houseflies. Life Sci 9: 335-350.
- R Core Team. 2013. R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing.
- WHO. 1998. Report of the WHO Informal Consultation Tests procedures for insecticide resistance monitoring in malaria vectors, bio-efficacy and persistence of insecticides on treated surfaces. Report, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- WHO. 2006. Guidelines for testing mosquito adulticides for indoor residual spraying and treatment of mosquito nets. Report WHO/CDS/NTD/WHOPES/GCDPP/2006.3, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- WHO. 2013. Test procedures for insecticide resistance monitoring in malaria vector mosquitoes. Report ISBN 978 92 4 150515 4, World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- WHOPES. 2012. Discriminating concentrations of insecticides for adult mosquitoes. <http://www.who.int/whopes/resistance/en/>.

## Annexe 1 :

Tableau de synthèse des mortalités à 24 heures

insecticide	souche	N	KD à 60 min (IC <sub>95</sub> )	Mortalité à 24H (IC <sub>95</sub> )
témoins silicone	PAEA	198	0,5 (0,0 -1,5)	0,5 (0,0 - 1,5)
	KOU	197	0,5 (0,0 -1,5)	1,5 (0,0 - 3,2)
	CAY	151	0,0	0,0
	SGO	97	0,0	1,0 (0,0 – 3,0)
témoins huile d'olive	PAEA	198	0,0	1,5 (0,0 - 3,2)
	KOU	246	1,6 (0,0 -3,2)	1,2 (0,0 - 2,6)
	CAY	193	0,5 (0,0 -1,5)	2,1 (0,1 - 4,1)
	SGO	195	0,0	0,5 (0,0 - 1,5)
	MAT	85	0,0	0,0
Malathion 0,8%	PAEA	196	75,0 (68,9 -81,1)	99,5 (98,5 – 100,0)
	KOU	267	3,0 (1,0 -5,0)	12,7 (8,7 - 16,7)
	CAY	196	3,6 (1,0 -6,2)	31,6 (25,1 - 38,1)
	SGO	191	3,7 (1,0 -6,4)	9,4 (5,3 - 13,5)
	MAT	124	10,5 (5,1 -15,9)	21,0 (13,8 - 28,2)
Malathion 5%	PAEA	200	100,0	100,0
	KOU	199	96,5 (93,9 -99,1)	98,5 (96,8 – 100,0)
	CAY	194	100,0	100,0
	SGO	100	99,0 (97,0 -100,0)	100,0
Deltaméthrine 0,06%	PAEA	199	100,0	100,0
	KOU	193	50,8 (43,7 -57,9)	18,1 (12,7 - 23,5)
	CAY	162	16 (10,3 -21,7)	13 (7,8 - 18,2)
	SGO	100	27 (18,3 -35,7)	10 (4,1 - 15,9)
Deltaméthrine + PBO	PAEA	103	100,0	100,0
	KOU	187	46,0 (38,9 -53,1)	12,3 (7,6 – 17,0)
	CAY	100	21,0 (13,0 -29,0)	7,0 (2,0 – 12,0)
PBO / deltaméthrine	PAEA	95	100,0	100,0
	KOU	189	64,6 (57,8 -71,4)	24,3 (18,2 - 30,4)
	CAY	100	47,0 (37,2 -56,8)	26,0 (17,4 - 34,6)

N : nombre de femelles de 2 à 5 jours testées

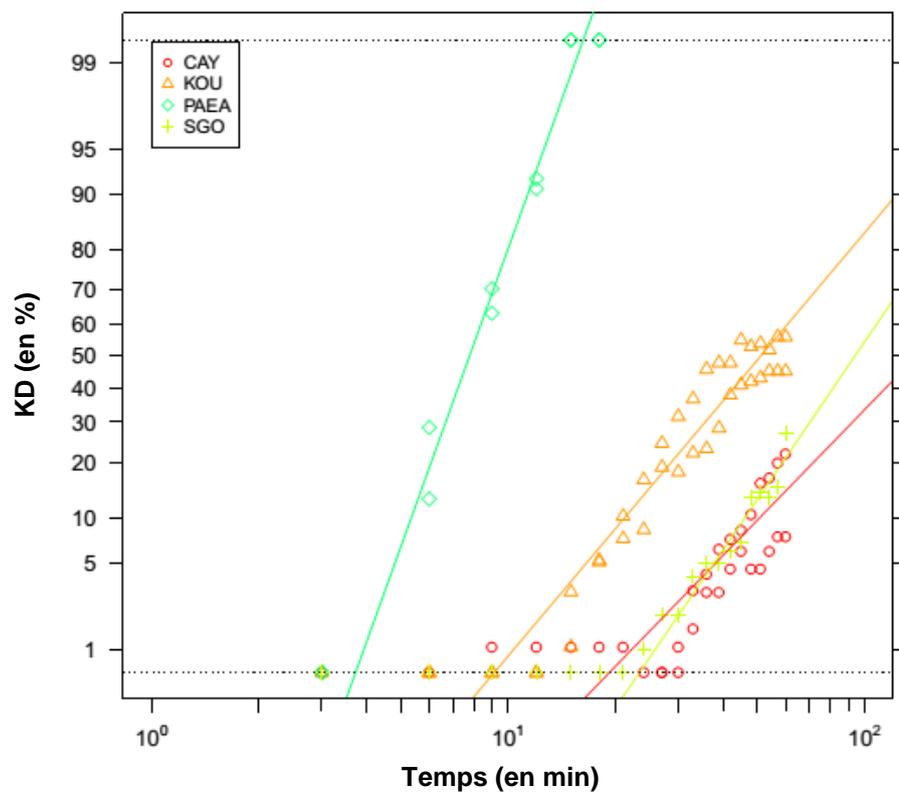
KD à 60 min : pourcentage de moustiques KD après 60 minutes d'exposition

Mortalité à 24 heures : pourcentage de mortalité 24 heures après exposition

IC<sub>95</sub> : intervalle de confiance à 95%

## Annexe 2 :

Temps de KD pour les populations KOU, CAY et SGO, et pour la souche PAEA durant l'exposition à la deltaméthrine.



### Annexe 3 :

Effet du PBO, en pré-exposition ou en mélange avec la deltaméthrine, sur la souche PAEA (A) et sur les populations KOU (B) et CAY (C). Pour chaque souche : D = deltaméthrine ; D+P = deltaméthrine + PBO en mélange ; P/D = exposition séquentielle au PBO, puis à la deltaméthrine.

